

Übungsblatt 11

Aufgabe 1) Transistor

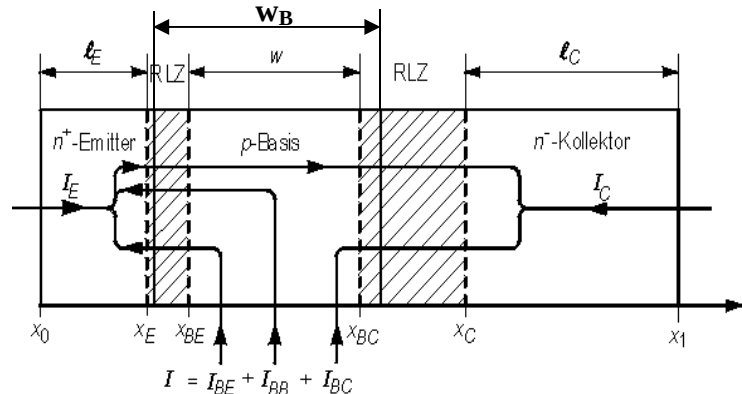
Betrachten Sie einen npn-Transistor, Fig. 1, aus Silizium, der in Emitter, Basis und Kollektor jeweils die folgenden Dotierdichten aufweist:

$n_{DE} = 3 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $n_{DC} = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$,
 $n_{AB} = 1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Die aktive Querschnittsfläche des pn Überganges ist $A = 10^{-4} \text{ cm}^2$, physikalische Breite der Basis ist $w_B = 0.1 \text{ }\mu\text{m}$ und die Breite des Emitters beträgt $l_E = 0.1 \text{ }\mu\text{m}$. Die Diffusionslängen im Kollektor, Emitter und der Basis sind gegeben durch

$L_{pC} = L_{pE} = 30 \text{ }\mu\text{m}$, $L_{nB} = 50 \text{ }\mu\text{m}$, und die entsprechenden Minoritätslebensdauern betragen $\tau_{pC} = 10^{-5} \text{ s}$, $\tau_{pE} = 10^{-6} \text{ s}$ und $\tau_{nB} = 10^{-5} \text{ s}$.

Weiterhin herrscht Raumtemperatur ($U_T = 25.8 \text{ mV}$), die intrinsische Ladungsträgerdichte beträgt $n_i = 1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ und die relative Dielektrizitätszahl in Silizium ist $\epsilon_r = 12$. Verwenden Sie im folgenden die Schottky-Näherung und gehen Sie davon aus, dass außerhalb der Raumladungszone Störstellenerschöpfung vorliegt.

- Skizzieren Sie für $U_{EB} = U_{CB} = 0$ den Verlauf der Raumladung und des E -Feldes sowie das Banddiagramm. Wie breit sind die einzelnen Bereiche der Raumladungszone? Berechnen Sie die effektive Breite w der Basis.
- An den Transistor werden jetzt die Spannungen $U_{EB} = -0.75 \text{ V}$ und $U_{CB} = 1 \text{ V}$ angelegt. Berechnen Sie die Länge der Raumladungszone und skizzieren Sie das Banddiagramm inklusive der Quasi-Fermi-niveaus. Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf der Trägerdichten außerhalb der Raumladungszone.
- Wie groß ist der Kollektorstrom I_C ?



Figur : npn-Transistor

Aufgabe 2) Transistor: Rekombination in der Basis

Betrachten Sie einen npn-Transistor im Vorwärtsbetrieb. Ein wichtiges Designziel besteht darin, den Anteil der in der Basis rekombinierenden Minoritätsträger möglichst gering zu halten. Dies kann erreicht werden indem die Basisbreite wesentlich kleiner als die Diffusionslänge der Minoritäten gewählt werden. Gehen Sie davon aus, dass maximal 1% der in die Basis injizierten Minoritätsträger verloren gehen dürfen. Berechnen Sie dafür das maximal zulässige Verhältnis von Basisweite w und Diffusionslänge L_{nB} der Minoritätsträger in der Basis.

Benutzen Sie die Verhältnisse $U_{BE}/U_T \gg 1$ und $U_{CB}/U_T \gg 1$, sowie $I_{TS} \gg I_{BB}$ und $I_{TS} \gg I_{BES}$.

Aufgabe 3) Betriebsarten des pnp-Transistors

Betrachten Sie nun einen pnp-Transistor. Welche Vorzeichen haben die Spannungen U_{BE} und U_{CB} für den Fall des Normalbetriebs, des inversen Betriebs, des Sättigungsbetriebs und des Sperrbetriebs? Wie unterscheiden sich die Verläufe der Minoritätsträgerdichten außerhalb der Raumladungszone von denen im npn-Transistor?